UO‘K: 622.271:519.6:622.232.72 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.17

KARYER BORTLARINING QAVARIQ SHAKLINI ANIQLASHDA KORRELYATSION TAHLILNING MATEMATIK MODELI

Norov G‘ulomjon Mirzog‘olib o‘g‘li
Katta o‘qituvchi, Sharq universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: norovg91@mail.ru
ORCID ID: 0009-0000-1580-9505
Science ID: MNV-0326-0001

Annotatsiya. *Ushbu maqola qavariq shakldagi karyer bortlarini kompleks tahlil qilish asosida bortlarning eng xavfsiz trayektoriyasini aniqlashga bag‘ishlangan. Eksperimental ma’lumotlar asosida bortlarning xilma-xil o‘lchamlari(balandlik va kengligi) bo‘yicha ularning turli xil shakldagi trayektoriyasi aniqlangan. Ushbu trayektoriyalarni analitik ifodalash maqsadida eng kichik kvadratlar usuli qo‘llanilib, ular n-darajali algebraik funksiya yordamida approksimatsiya qilingan. Ushbu yondashuv eksperimental ma’lumotlar bilan matematik model o‘rtasidagi og‘ishlarni minimallashtirish(matematik modellashtirishda nazariy model bilan eksperimental ma’lumotlar o‘rtasidagi farqni eng kichik qilish) va real karyer borti profiliga maksimal darajada yaqin bo‘lgan egri chiziqni aniqlash imkonini beradi. Keyingi bosqichda hosil qilingan funksional bog‘lanishlar asosida korrelyatsion tahlil amalga oshirilib, karyer bortlari geometriyasi bilan ularning barqarorlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi statistik bog‘liqlik darajasi baholandi. Natijada bort trayektoriyalarini n-darajali funksiya bilan yaqinlashtirishga asoslangan hamda korrelyatsion bog‘liqlikni hisobga oluvchi matematik model ishlab chiqildi. Ushbu model yordamida turli geometrik parametrlar uchun bortlarning eng barqaror va xavfsiz shaklini aniqlash imkoniyati yaratilgan. Shuningdek, ushbu model asosida karyer bortining barqarorligini ta’minlaydigan bir nechta muqobil geometrik shakllar yoki optimal konfiguratsiya tanlash mumkinligi ko‘rsatilgan.*

Kalit so‘zlar: *qavariq, kompleks tahlil, approksimatsiya, korrelyatsion tahlil, empirik, regressiya, algoritm, relyef, bort konturi, profil.*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЫПУКЛОЙ ФОРМЫ БОРТОВ КАРЬЕРА

Норов Гуломжон Мирзоголиб угли
Старший преподаватель, Университет Востока, Навои, Узбекистан

Аннотация. *Данная статья посвящена определению наиболее безопасной траектории бортов на основе комплексного анализа бортов карьера выпуклой формы. На основе экспериментальных данных определены траектории бортов различной формы по их различным размерам (высоте и ширине). Для аналитического представления этих траекторий был использован метод наименьших квадратов, которые аппроксимировались с помощью алгебраической функции n-й степени. Данный подход позволяет минимизировать отклонения между экспериментальными данными и математической моделью (при математическом моделировании сделать разницу между теоретической моделью и экспериментальными данными минимальной) и определить кривую, максимально приближенную к реальному профилю борта карьера. На следующем этапе*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 1
2026

был проведен корреляционный анализ на основе полученных функциональных зависимостей и оценена степень статистической зависимости между геометрией бортов карьера и показателями их устойчивости. В результате была разработана математическая модель, основанная на аппроксимации бортовых траекторий функцией n-й степени и учитывающая корреляционную зависимость. С помощью данной модели создана возможность определения наиболее устойчивой и безопасной формы бортов для различных геометрических параметров. Также показано, что на основе данной модели можно выбрать несколько альтернативных геометрических фигур или оптимальную конфигурацию, обеспечивающую устойчивость борта карьера.

Ключевые слова: *выпуклость, комплексный анализ, аппроксимация, корреляционный анализ, эмпирический, регрессия, алгоритм, рельеф, бортовой контур, профиль.*

MATHEMATICAL MODEL OF CORRELATION ANALYSIS FOR DETERMINING THE CONVEX SHAPE OF OPEN-PIT MINE SLOPES

Norov Gulomjon Mirzogolib ugli
Senior Lecturer, Oriental University, Navoi, Uzbekistan

Abstract. *This article is devoted to determining the most safe trajectory of the sides based on a comprehensive analysis of the convex-shaped quarry sides. Based on experimental data, the trajectory of various shapes of the sides was determined according to their various dimensions (height and width). For the purpose of analytical representation of these trajectories, the least squares method was used, and they were approximated using an algebraic function of degree n. This approach allows minimizing the deviations between the experimental data and the mathematical model (minimizing the difference between the theoretical model and the experimental data in mathematical modeling) and determining the curve as close as possible to the profile of the real quarry side. At the next stage, a correlation analysis was carried out based on the obtained functional relationships, and the degree of statistical dependence between the geometry of the quarry sides and their stability indicators was assessed. As a result, a mathematical model was developed that takes into account the correlation dependence, based on the approximation of flight trajectories by an n-th power function. With the help of this model, it is possible to determine the most stable and safe shape of the sides for various geometric parameters. It is also shown that, based on this model, it is possible to choose several alternative geometric shapes or optimal configurations that ensure the stability of the quarry side.*

Keywords: *convex, complex analysis, approximation, correlation analysis, empirical, regression, algorithm, relief, sideline contour, profile.*

Kirish. Ochiq usulda foydali qazilmalarni qazib olish jarayonida karyer bortlarining barqarorligini ta’minlash konchilik sanoatining muhim muammolaridan biri hisoblanadi. Karyer bortlarining geometriyasi, xususan ularning balandligi, kengligi va konfiguratsiyasi tog‘ jinslari massivining mexanik xossalari bilan birgalikda bortlarning geomexanik barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Bortlarning noto‘g‘ri tanlangan geometrik parametrlari tog‘ jinslari deformatsiyasi, siljish jarayonlari hamda texnogen qulashlar xavfini oshirishi mumkin. Shu sababli karyer bortlarining eng xavfsiz va barqaror trayektoriyasini aniqlash konchilik ishlarining xavfsizligi hamda iqtisodiy samaradorligini ta’minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda konchilik ishlari jarayonlarini tahlil qilishda matematik modellashtirish usullari keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, karyer bortlarining real geometrik shaklini aniqlash va ularning barqarorligini baholashda analitik hamda sonli usullar samarali natijalar bermoqda. Bunday yondashuvlar yordamida eksperimental o‘lchov ma’lumotlari asosida karyer borti profilining matematik ifodasini aniqlash hamda uning optimal shaklini baholash mumkin.

Mazkur tadqiqot ishida qavariq shakldagi karyer bortlarining trayektoriyasini aniqlash, ularni

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 1
2026

matematik jihatdan tavsiflash hamda ularning barqarorligini baholash masalalari koʻrib chiqilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi eksperimental maʼlumotlar asosida karyer bortlari trayektoriyalarini matematik modellashtirish va korrelyatsion tahlil yordamida ularning eng barqaror hamda xavfsiz geometrik shaklini aniqlashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodi. Karyer bortlarining barqarorligini baholash masalasi konchilik geomexanikasining muhim yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Turli tadqiqotlarda bortlarning barqarorligi togʻ jinslarining fizik-mexanik xossalari, geologik sharoitlar hamda karyerning geometrik parametrlari bilan bogʻliq holda oʻrganilgan. Ushbu jarayonlarni tahlil qilishda geomexanik modellar, empirik formulalar hamda matematik modellashtirish usullaridan keng foydalanilgan.

Ilmiy tadqiqotlarda karyer bortlari shaklini aniqlash uchun turli analitik va sonli yondashuvlar taklif etilgan boʻlib, ular orasida approksimatsiya va regressiya usullari alohida ahamiyatga ega. Xususan, eksperimental natijalar asosida olingan maʼlumotlarni matematik funksiya yordamida ifodalash uchun eng kichik kvadratlar usuli keng qoʻllaniladi. Ushbu usul eksperimental maʼlumotlar bilan matematik model oʻrtasidagi farqlarni minimallashtirish orqali eng mos funksional bogʻlanishni aniqlash imkonini beradi.

Shuningdek, geometriyaviy parametrlar bilan geomekanik barqarorlik koʻrsatkichlari oʻrtasidagi bogʻliqlikni aniqlashda korrelyatsion tahlil metodlari muhim rol oʻynaydi. Bunday yondashuvlar yordamida karyer bortlarining geometrik shakli bilan ularning barqarorligi oʻrtasidagi statistik bogʻlanish darajasini aniqlash hamda eng optimal shaklni tanlash mumkin.

Biroq mavjud tadqiqotlarning aksariyatida karyer bortlari trayektoriyasining matematik ifodasi va uning barqarorlik koʻrsatkichlari bilan oʻzaro bogʻliqligi yetarli darajada kompleks tahlil qilinmagan. Shu sababli qavariq shakldagi karyer bortlarini matematik modellashtirish va ularning optimal trayektoriyasini aniqlash masalasi dolzarb ilmiy muammo boʻlib qolmoqda.

Tadqiqot jarayonida karyer bortlarining qavariq shaklini aniqlash uchun eksperimental maʼlumotlar asosida matematik modellashtirish usullaridan foydalanildi. Bortlarning balandligi va kengligi boʻyicha olingan diskret nuqtalar karyer borti trayektoriyasining boshlangʻich maʼlumotlari sifatida qabul qilindi.

Mazkur trayektoriyalarni analitik jihatdan ifodalash maqsadida eng kichik kvadratlar usuli qoʻllanilgan. Ushbu usul yordamida eksperimental maʼlumotlar asosida karyer borti konturini ifodalovchi funksional bogʻlanish aniqlanib, u n-darajali algebraik funksiya yordamida approksimatsiya qilindi. Natijada eksperimental maʼlumotlar bilan matematik model oʻrtasidagi ogʻishlar minimallashtirilib, real karyer borti profiliga maksimal darajada yaqin egri chiziq hosil qilindi.

Keyingi bosqichda hosil qilingan funksional bogʻlanishlar asosida korrelyatsion tahlil amalga oshirilgan. Ushbu tahlil yordamida karyer bortlarining geometrik parametrlari bilan ularning barqarorlik koʻrsatkichlari oʻrtasidagi statistik bogʻliqlik darajasi baholandi. Korrelyatsion koeffitsiyentlar yordamida turli geometrik konfiguratsiyalar uchun bortlarning barqarorligi taqqoslanib, eng maqbul trayektoriya aniqlash imkoniyati yaratilgan.

Natijada eksperimental maʼlumotlar, eng kichik kvadratlar usuli va korrelyatsion tahlilga asoslangan matematik model ishlab chiqilgan. Ushbu model karyer bortlarining turli geometrik parametrlarida ularning barqaror va xavfsiz shaklini aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari.

1-jadval

Korrelyatsion tahlil va eng kichik kvadratlar usuli uchun eksperimental maʼlumotlar

x	x_0	x_1	x_2	x_3	…	x_n
y	y_0	y_1	y_2	y_3	…	y_n

Eksperimental maʼlumotlar asosida umumiy holatda berilgan eng kichik kvadratlar modeli

$$\delta(a_0, a_1, a_2, \dots a_n) = \sum_{i=1}^{n} [a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + \dots + a_n x_i^n - y_i]^2 \to min \quad (1)$$

yordamida karyer bortining qavariq shaklini aniqlash boʻyicha korrelyatsion tahlil qilinishida foydalanildi. Xususan $y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$, $a_0, a_1, a_2 - ?$ kvadrat funksiya bilan yaqinlashtirishning korrelyatsion tahlili negizida karyer borti qavariq shakllari baholangan.

Bort qavariq shaklini baholashda sonli model asosida korrelyatsion tahlil bajarilgan.

Masalan, kavadrat funksiyani aniqlash algoritmi quyidagicha:

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 1
2026

2-jadval

Kvadrat funksiyani aniqlash uchun eksperimental ma'lumotlar

x	0	4	8	12	16
y	0	9	14	18	20

$y = y(x)$ kvadrat funksiya orqali yaqinlashtirishning:

$$y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \qquad (2)$$

a_0, a_1, a_2 – noma'lumlar bo'lib, ushbu noma'lumlarni topish talab qilinadi.

$$\delta(a_0, a_1, a_2) = \sum_{i=0}^{4}[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2 \to min \qquad (3)$$

bunda quyidagi $y = y(x)$ funksiyani o'zi mavjud emas.

Bu funksiyani $x_0 = 0$, $x_1 = 4$, $x_2 = 8$, $x_3 = 12$ va $x_4 = 16$ nuqtalardagi qiymatlari berilgan.

$y = y(x)$ funksiyani o'zini qurish murakkab, shu sababli uning o'rniga boshqa ko'phad quramiz(bu ko'phad kvadrat funksiya ko'rinishida bo'ladi). Kvadrat funksiyani qurishda a_0, a_1, a_2 koeffitsiyentlarni topish tushuniladi. Topilgan koeffitsiyentlarni (2) ga qo'yib dissertatsiyaga qo'yilgan karyer bortining qavariq shaklini aniqlash bo'yicha korrelyatsion tahlil natijalari olinadi.

(2) ni qurishda a_0, a_1, a_2 noma'lum koeffitsiyentlarni shunday qiymatini topishimiz kerakki (3) $[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2$ ayirmaning kvadrati bilan minimum bersin. Buni topish uchun $\delta(a_0, a_1, a_2)$ o'zgaruvchili funksiya deb qaraladi.

$[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2$ ayirmaning kvad-ratiga minimum berish deganda $\delta(a_0, a_1, a_2)$ funksiyaga minimum berish masalasiga almashtiramiz:

$\delta(a_0, a_1, a_2) \to min.$

Ko'p o'zgaruvchili funksiyaga minimum berish masalasi quyidagicha bajariladi: a_0, a_1, a_2 larni tanlashda ushbu

$$\begin{cases} \frac{\partial \delta(a_0,a_1,a_2)}{\partial a_0} = 0 \\ \frac{\partial \delta(a_0,a_1,a_2)}{\partial a_1} = 0 \\ \frac{\partial \delta(a_0,a_1,a_2)}{\partial a_2} = 0 \end{cases} \qquad (4)$$

xususiy hosilali tenglamalar sistemasidan foyda-laniladi.

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=0}^{4}[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2\right)'_{a_0} = 0 \\ \left(\sum_{i=0}^{4}[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2\right)'_{a_1} = 0 \\ \left(\sum_{i=0}^{4}[a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2\right)'_{a_2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 \cdot \sum_{i=0}^{4}(a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i) \cdot 1 = 0 \\ 2 \cdot \sum_{i=0}^{4}(a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i) \cdot x_i = 0 \\ 2 \cdot \sum_{i=0}^{4}(a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i) \cdot x_i^2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^{4}(a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i) = 0 \\ \sum_{i=0}^{4}(a_0 x_i + a_1 x_i^2 + a_2 x_i^3 - x_i y_i) = 0 \\ \sum_{i=0}^{4}(a_0 x_i^2 + a_1 x_i^3 + a_2 x_i^4 - x_i^2 y_i) = 0 \end{cases} \qquad (5)$$

tenglamalar sistemasini quyidagi

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^{4} a_0 + (\sum_{i=0}^{4} x_i) a_1 + (\sum_{i=0}^{4} x_i^2) a_2 = \sum_{i=0}^{4} y_i \\ (\sum_{i=0}^{4} x_i) a_0 + (\sum_{i=0}^{4} x_i^2) a_1 + (\sum_{i=0}^{4} x_i^3) a_2 = \sum_{i=0}^{4} x_i y_i \\ (\sum_{i=0}^{4} x_i^2) a_0 + (\sum_{i=0}^{4} x_i^3) a_1 + (\sum_{i=0}^{4} x_i^4) a_2 = \sum_{i=0}^{4} x_i^2 y_i \end{cases} \qquad (6)$$

sodda ko'rinishga keltiriladi.

(6) tenglamalar sistemasining noma'lumlar oldidagi koeffitsientlarni berilgan eksperimental ma'lumotlar jadavalidan foydalangan holda aniq qiymatini hisoblab chiladi.

$\sum_{i=0}^{4} a_0 = (\sum_{i=0}^{4} x_i^0) a_0 = x_0^0 a_0 + x_1^0 a_0 + x_2^0 a_0 + x_3^0 a_0 + x_4^0 a_0 = (x_0^0 + x_1^0 + x_2^0 + x_3^0 + x_4^0) a_0 = (1 + 1 + 1 + 1 + 1) a_0 = 5a_0$

$\sum_{i=0}^{4} x_i = x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 + 4 + 8 + 12 + 16 = 40$

$\sum_{i=0}^{4} x_i^2 = x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 0^2 + 4^2 + 8^2 + 12^2 + 16^2 = 16 + 64 + 144 + 256 = 480$

$\sum_{i=0}^{4} x_i^3 = x_0^3 + x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 + x_4^3 = 0^3 + 4^3 + 8^3 + 12^3 + 16^3 = 64 + 512 + 1728 + 4096 = 6400$

$\sum_{i=0}^{4} x_i^4 = x_0^4 + x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 + x_4^4 = 0^4 + 4^4 + 8^4 + 12^4 + 16^4 = 256 + 4096 + 20736 + 65536 = 90624$

$$\begin{cases} 5a_0 + 40a_1 + 480a_2 = \sum_{i=0}^{4} y_i \\ 40a_0 + 480a_1 + 6400a_2 = \sum_{i=0}^{4} x_i y_i \\ 480a_0 + 6400a_1 + 90624a_2 = \sum_{i=0}^{4} x_i^2 y_i \end{cases} \qquad (6^*)$$

$\sum_{i=0}^{4} y_i = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 0 + 9 + 14 + 18 + 20 = 61$

$\sum_{i=0}^{4} x_i y_i = x_0 y_0 + x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4 = 0 \cdot 0 + 4 \cdot 9 + 8 \cdot 14 + 12 \cdot 18 + 16 \cdot 20 = 36 + 112 + 216 + 320 = 684$

$\sum_{i=0}^{4} x_i^2 y_i = x_0^2 y_0 + x_1^2 y_1 + x_2^2 y_2 + x_3^2 y_3 + x_4^2 y_4 = 0^2 \cdot 0 + 4^2 \cdot 9 + 8^2 \cdot 14 + 12^2 \cdot 18 + 16^2 \cdot 20 = 16 \cdot 9 + 64 \cdot 14 + 144 \cdot 18 + 256 \cdot 20 = 144 + 896 + 2592 + 5120 = 8752$

Hisoblashlar natijasida topilgan barcha koeffitsiyentlarning natijalaridan foydalanib (6) uchun uch noma'lumli

$$\begin{cases} 5a_0 + 40a_1 + 480a_2 = 61 \\ 40a_0 + 480a_1 + 6400a_2 = 684 \\ 480a_0 + 6400a_1 + 90624a_2 = 8752 \end{cases} \qquad (7)$$

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 1
2026

tenglamalar sistemasi tuzildi.

3-jadval

Kubik splayn va kvadrat funksiya bo'yicha hisoblangan qiymatlar taqqoslanishi

x	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y(x)
0	0	0	0	0	0	0,26
0,5	1,342285	1,377441	1,252441	1,262643	1,202536	1,3925
1	2,675781	2,742746	2,492746	2,515429	2,398857	2,49
1,5	3,991699	4,083775	3,708775	3,7485	3,58275	3,5525
2	5,28125	5,388393	4,888393	4,952	4,748	4,58
2,5	6,535645	6,644461	6,019461	6,116071	5,888393	5,5725
3	7,746094	7,839844	7,089844	7,230857	6,997714	6,53
3,5	8,903809	8,962402	8,087402	8,2865	8,06975	7,4525
4	10	10	9	9,273143	9,098286	8,34
4,5	11,02881	10,94482	9,819824	10,18093	10,07711	9,1925
5	11,99609	11,80636	10,55636	11	11	10,01
5,5	12,91064	12,59842	11,22342	11,72436	11,86296	10,7925
6	13,78125	13,33482	11,83482	12,36343	12,67086	11,54
6,5	14,6167	14,02937	12,40437	12,9305	13,43075	12,2525
7	15,42578	14,69587	12,94587	13,43886	14,14971	12,93
7,5	16,21729	15,34814	13,47314	13,90179	14,83482	13,5725
8	17	16	14	14,33257	15,49314	14,18
8,5	17,78076	16,66162	14,53662	14,7445	16,13175	14,7525
9	18,55859	17,32868	15,07868	15,15086	16,75771	15,29
9,5	19,33057	17,99323	15,61823	15,56493	17,37811	15,7925
10	20,09375	18,64732	16,14732	16	18	16,26
10,5	20,84521	19,28299	16,65799	16,46593	18,62861	16,6925
11	21,58203	19,8923	17,1423	16,95886	19,26171	17,09
11,5	22,30127	20,46729	17,59229	17,4715	19,89525	17,4525
12	23	21	18	17,99657	20,52514	17,78
12,5	23,67627	21,48486	18,35986	18,52679	21,14732	18,0725
13	24,33203	21,92578	18,67578	19,05486	21,75771	18,33
13,5	24,97021	22,32903	18,95403	19,5735	22,35225	18,5525
14	25,59375	22,70089	19,20089	20,07543	22,92686	18,74
14,5	26,20557	23,04764	19,42264	20,55336	23,47746	18,8925
15	26,80859	23,37556	19,62556	21	24	19,01
15,5	27,40576	23,69092	19,81592	21,40993	24,49161	19,0925
16	28	24	20	21,78514	24,95429	19,14
16,5				22,1295	25,39125	
17				22,44686	25,80571	
17,5				22,74107	26,20089	
18				23,016	26,58	
18,5				23,2755	26,94625	
19				23,52343	27,30286	
19,5				23,76364	27,65304	
20				24	28	

(7) tenglamalar sistemasini Ms Excel dasturi yordamida yechimini olamiz. Bunda teskari matritsa usulidan foydalaniladi:

$$A \cdot X = B$$

$$X = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot B$$

=МОБР(C4:E6) buyrug'i orqali A^{-1} topiladi:

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0{,}885714 & -0{,}19286 & 0{,}008929 \\ -0{,}19286 & 0{,}077679 & -0{,}00446 \\ 0{,}008929 & -0{,}00446 & 0{,}000279 \end{pmatrix}$$

So'ngra =МУМНОЖ(C8:E10;G4:G6) buyrug'i orqali $A^{-1} \cdot B$ ning natijalari kelib chiqadi:

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0{,}257143 \\ 2{,}296429 \\ -0{,}06696 \end{pmatrix}$$

Topilgan a_0, a_1, a_2 koeffitsiyentlar $y(x) = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2$ funksiyaning koeffitsiyentlari bo'lib, ushbu funksiya quyidagi

$$y(x) = 0{,}257143 + 2{,}296429 x_i - 0{,}06696 x_i^2 \quad (8)$$

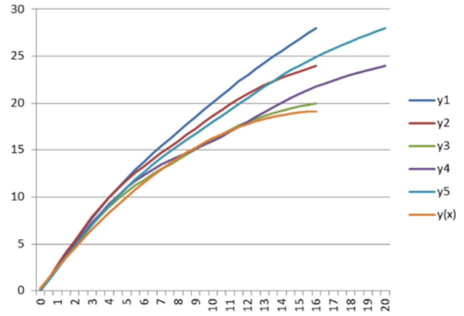
ko'rinishga hosil qilindi. Ushbu funksiyadan foydalanib korrelyatsion tahlilni amalga oshirish uchun

$$\sum_{i=0}^{4} [a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - y_i]^2 \rightarrow min$$

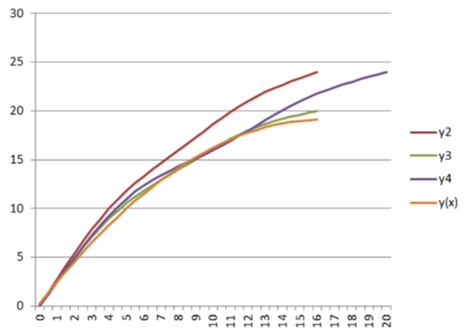
orqali karyer bortining optimal shakli aniqlandi.

3-jadvalda $h = 0{,}5$ qadam bilan karyer bortining kengligi va balandligiga bog'liq bo'lgan kubik splayn [1], [2] va tuzilgan kvadrat funksiyaning tegishli nuqtalardagi mos qiymatlari keltirilgan.

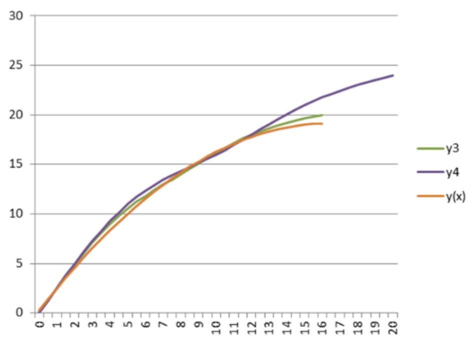
Korrelyatsion tahlil usuli orqali splayn funksiyalar grafiklarini taqqoslash orqali karyer bortining optimal shakli olindi.



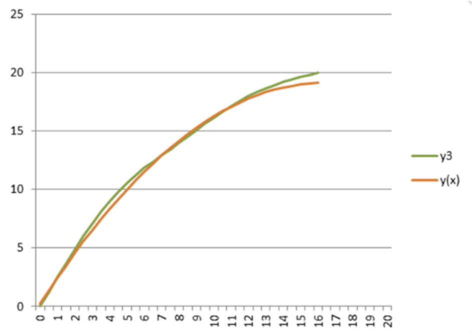
1-rasm. Beshta holat uchun 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



2-rasm. Beshta holatdan uchtasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



3-rasm. Uchta holatdan ikkitasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



4-rasm. Ikkita holatdan bittasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.

Xulosa. Karyer borti trayektoriyasining qavariq shaklini qurish uchun kubik splaynlar usuli va eng kichik kvadratlar usulini qo‘llash bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazildi. Ushbu usul pog‘onalar va qiyaliklarning silliq, uzluksiz geometriyasini yaratish uchun samarali vosita bo‘lib, bu bevosita karyer bortining ustuvorligiga, konchilik ishlarining xavfsizligiga va iqtisodiy samaradorligiga ta’sir qiladi. Kubik splaynlar usuli karyer relefining tabiiy shakllarini yuqori aniqlik bilan taxmin qilish imkonini beradi, bu esa kon lahimlarining ustuvorligini prognoz qilish aniqligini oshirishga yordam beradi. Bortning qiyalik burchagini tanlash muhim jihat bo‘lib, bu uning ustuvorligi va konchilik ishlarining xavfsizligiga ta’sir qiladi. Ish davomida ustuvor va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq trayektoriyani shakllantirish uchun qiyalik burchagini optimal tanlashda karyer bortining qavariq shakli eng mos kelishi ko‘rsatilgan. Tadqiqotning amaliy ahamiyati taklif etilgan usuldan turli litologik va gidrogeologik xususiyatlar sharoitida karyer geometriyasini loyihalashda, shuningdek, ochish va qazib olish ishlarini olib borishning yanada xavfsiz va samarali texnologik sxemalarini yaratishda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi. Ushbu tadqiqot konchilik sanoati uchun muhim ahamiyatga ega, chunki u karyerlar relyefini geometrik modellashtirish usullarini takomillashtirish, konchilik ishlarining xavfsizligini oshirish va operatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi. Keyinchalik, ushbu yondashuvning rivojlanishi konchilik korxonalari ishini loyihalash va optimallashtirish usullarini takomillashtirishga yordam berishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Norov, G. M., Khudayberdiev, O. J., Rakhmatov, S. Kh., & Mekhmonov, M. R. (2023). Assessment of the stability of the pit wall using the cubic spline method and the slope angle of the pit wall trajectory. EPRA International Journal of Research and Development, 8(8), 75–80.

[2] Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Мехмонов М.Р. Determination of convex shape of the trajectory of the quarry board trajectory by the method of cubic splines. The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research, 5(11), 51-62.

[3] Норов, Г. М., & Худайбердиев, О. Ж. (2024). Определение координат центра масс горного массива ограниченного бортом карьеры и плоскостью скольжения. O‘zMU xabarlari, 2(2), 124–130.

[4] Насиров, У. Ф., Худайбердиев, О. Ж., & Норов, Г. М. (2025). Определение коэффициента запаса устойчивости центра тяжести горного массива. Бухоро давлат университети илмий ахбороти, 6, 96–101.

[5] Isroilov, M. (2008). Hisoblash usullari (1–2 qism). Toshkent: Iqtisod-Moliya.

[6] Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш. Проектирование карьеров и обеспечение устойчивости бортов. –Монография. – Навои, Изд. «Навои», 2015. – 252 с.

[7] Statistica. (n.d.). Интерполяция сплайнами: Теоретические основы. http://statistica.ru/branches-maths/interpolyatsiya-splaynami-teor-osnovy